

**This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record**

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

**Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.**

**Defects in the images may include (but are not limited to):**

- **BLACK BORDERS**
- **TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- **FADED TEXT**
- **ILLEGIBLE TEXT**
- **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- **COLORLED PHOTOS**
- **BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS**
- **GRAY SCALE DOCUMENTS**

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**

***This Page Blank (uspto)***

?e pn=DE 4038251

S3 1 PN="DE 4038251"  
?t 3/9/1

3/9/1  
DIALOG(R)File 351:Derwent WPI  
(c) 2001 Derwent Info Ltd. All rts. reserv.

009057974 \*\*Image available\*\*

WPI Acc No: 1992-185356/199223

XREFX Acc No: N92-139928

Max probability receiver e.g. for mobile communications - uses signal processor coupled via A-D converter to digital equaliser  
Patent Assignee: PHILIPS ELECTRONICS NV (PHIG ); PHILIPS GLOEILAMPENFAB NV (PHIG ); PHILIPS PATENTVERWALTUNG GMBH (PHIG ); KONINK PHILIPS ELECTRONICS NV (PHIG ); US PHILIPS CORP (PHIG )

Inventor: BAIER A

Number of Countries: 012 Number of Patents: 013

Patent Family:

Patent No	Kind	Date	Applicat No	Kind	Date	Week
EP 488456	A2	19920603	EP 91203054	A	19911122	199223 B
DE 4038251	A	19920604	DE 4038251	A	19901130	199224
AU 9188270	A	19920604	AU 9188270	A	19911129	199231
CA 2056328	A	19920531	CA 2056328	A	19911127	199234
CS 9103635	A2	19920617	CS 913635	A	19911129	199250
JP 4358420	A	19921211	JP 91314388	A	19911128	199304
EP 488456	A3	19930505	EP 91203054	A	19911122	199402
US 5307374	A	19940426	US 91797871	A	19911126	199416
AU 657103	B	19950302	AU 9188270	A	19911129	199516
EP 488456	B1	19970402	EP 91203054	A	19911122	199718
DE 59108647	G	19970507	DE 508647	A	19911122	199724
			EP 91203054	A	19911122	
CZ 284258	B6	19981014	CS 913635	A	19911129	199847
KR 210534	B1	19990715	KR 9121483	A	19911128	200102

Priority Applications (No Type Date): DE 4038251 A 19901130

Cited Patents: No-SR.Pub; 8.Jnl.Ref; DE 3911999; EP 127984; EP 391354; EP 392603

Patent Details:

Patent No	Kind	Lan	Pg	Main IPC	Filing Notes
EP 488456	A2	G	11	H04L-025/30	
Designated States (Regional): DE ES FR GB IT					
DE 4038251	A		10	H04L-025/04	
AU 9188270	A			H04L-025/03	
CA 2056328	A			H04B-001/16	
CS 9103635	A2			H04L-025/04	
JP 4358420	A			H03M-013/12	
EP 488456	A3			H04L-025/30	
US 5307374	A		9	H03H-007/30	
AU 657103	B			H04L-025/03	Previous Publ. patent AU 9188270
EP 488456	B1	G	12	H04L-025/30	
Designated States (Regional): DE ES FR GB IT					
DE 59108647	G			H04L-025/30	Based on patent EP 488456
CZ 284258	B6			H04L-025/04	Previous Publ. patent CS 9103635
KR 210534	B1			H04L-001/00	

Abstract (Basic): EP 488456 A

The receiver uses a signal processor (2, 21) with a sample-and-hold circuit (21), coupled to an A/D converter (22) and an equaliser (3) having a digital processing circuit (31...35) including a register (331, 332, 333) holding the condition transitions and a memory path register (334).

Pref. the equaliser (3) has a control and processing logic (35) for estimating binary values using a viterbs algorithm.

**This Page Blank (uspto)**

USE - For pan-european mobile radio communications system.

Dwg.1/6

Abstract (Equivalent): EP 488456 B

A receiver for a digital transmission system (1, 2, 21, 22, 3) comprising a transmission channel (11) having a storage depth  $n$ , comprising an analog signal processing section (2, 21), an analog-to-digital converter (22) and an equaliser (3) which has a digital signal processing section (31, 32, 33, 34, 35) that includes a memory means (33) with a register (331, 332, 333, for storing state transitions ( $S_i, S_{i+1}$ ), characterised in that the registers (331, 332, 333) of the memory means (33) all comprise  $2n'$  memory locations, with 1 at most  $n'$  less than  $n$ , in that the memory means (33) comprises a memory path register (334) in which at each discrete instant ( $i$ ) at least  $n$  previous bits ( $b_{i-1}, b_{i-n'}, b_{i-n'-1}, \dots, b_{i-n} \dots$ ) are stored commencing at an appropriate first previous bit ( $b_{i-1}$ ) for  $2n'$  states.

Dwg.1/6

Abstract (Equivalent): US 5307374 A

The receiver for digital information transmitted over a dispersive channel, where the channel has a storage depth of  $n$  bits, has memory requirements for an adaptive equalizer reduced by storing transition states for only  $2n'$  states, where  $n'$  is less than  $n$ , and storing at least  $n$  previous bits for  $2n'$  states in a memory path register.

At the same time the equalizer may be based on a reduced state model with  $2n'$  states. Only  $n'$  bits are determined directly by state transitions; the remaining  $n-n'$  bits appear from each memory path leading to the respective state, stored in the memory path register.

USE/ADVANTAGE - For future paneuropean mobile radio system (GSM system). Reduced memory requirements for Viterbi equalisation.

Dwg.1/6

Title Terms: MAXIMUM; PROBABILITY; RECEIVE; MOBILE; COMMUNICATE; SIGNAL; PROCESSOR; COUPLE; ANALOGUE-DIGITAL; CONVERTER; DIGITAL; EQUAL

Derwent Class: U22; W01; W02

International Patent Class (Main): H03H-007/30; H03M-013/12; H04B-001/16; H04L-001/00; H04L-025/03; H04L-025/04; H04L-025/30

International Patent Class (Additional): H03H-017/00; H03M-001/00; H03M-013/00; H04B-003/06; H04L-025/08

File Segment: EPI

Manual Codes (EPI/S-X): U22-G05; W01-A08C; W01-B05A; W02-C03C3A; W02-C03E1

**This Page Blank (uspto)**

98/5854



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

①2 Offenlegungsschrift  
①0 DE 40 38 251 A 1

⑤1 Int. Cl. 5:  
H 04 L 25/04  
H 03 M 13/12

②1 Aktenzeichen: P 40 38 251.6  
②2 Anmeldetag: 30. 11. 90  
④3 Offenlegungstag: 4. 6. 92

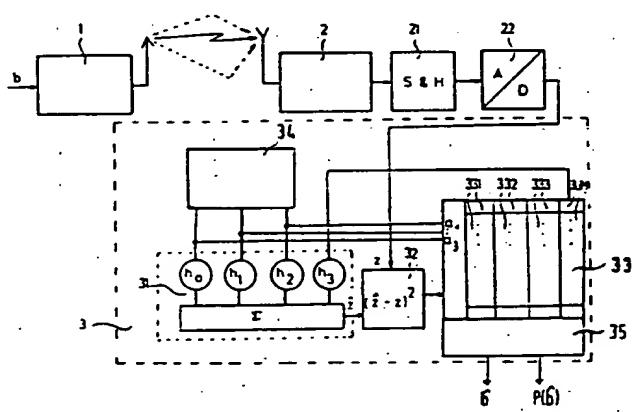
DE 40 38 251 A 1

⑦1 Anmelder:  
Philips Patentverwaltung GmbH, 2000 Hamburg, DE

⑦2 Erfinder:  
Baier, Alfred, Dr., 8501 Eckental, DE

⑤4 Entzerrer für ein digitales Übertragungssystem

⑤7 Die Erfindung betrifft einen Entzerrer (3) für ein digitales Übertragungssystem, bei dem aus einer Folge von Abtastwerten eines empfangenen Signals (z) binäre Schätzwerte ( $\hat{b}$ ) gebildet werden. Dabei ist jeder einem zu einem Zeitpunkt gesendeten Binärzeichen zuordenbare Abtastwert von dem ihm zuordenbaren Binärzeichen und von n unmittelbar diesem Binärzeichen vorangegangenen Binärzeichen abhängig. Aus einer sogenannten Gesamtmaßzahl eines sogenannten Null-Minimal-Pfades und der Gesamtmaßzahl eines sogenannten Eins-Minimal-Pfades werden ein Schätzwert ( $\hat{b}$ ) und eine Zuverlässigkeitsinformation P ( $\hat{P}$ ) für diesen Schätzwert (Soft-Decision-Information) gebildet. Zur Verringerung des Realisierungsaufwands wird vorgeschlagen, daß die Maßzahlen aus einem reduzierten Zustandsmodell mit  $2^{n'}$  Zuständen gebildet werden, mit  $1 \leq n' < n$ . Zu jedem diskreten Zeitpunkt i wird ab dem jeweils ersten zeitlich zurückliegenden Binärzeichen für alle  $2^{n'}$  Zustände als Gedächtnispfad ein Register (334) mit mindestens n zeitlich zurückliegenden Binärzeichen geführt. Die Maßzahlen für einen Zustandsübergang werden aus den  $n' + 1$  diesen Zustandsübergang kennzeichnenden Binärzeichen und aus den n - n' Binärzeichen des Gedächtnispfadregisters (334) gebildet. Der Null- bzw. Eins-Minimal-Pfad und die zugeordneten Gesamtmaßzahlen werden durch die Bitfolge aller  $2^{n'}$  möglichen Null- bzw. Eins-Pfade mit der kleinsten Maßzahl gewonnen. Der Binärwert, der der kleinsten der beiden berücksichtigten ...



DE 40 38 251 A 1

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft einen Entzerrer für ein digitales Übertragungssystem, bei dem aus einer Folge von Abtastwerten eines empfangenen Signales binäre Schätzwerte gebildet werden, bei dem jeder einem zu einem Zeitpunkt gesendeten Binärzeichen zuordenbare Abtastwert von dem ihm zuordenbaren Binärzeichen und von  $n$  unmittelbar diesem Binärzeichen vorangegangenen Binärzeichen abhängig ist, bei dem jedem Abtastwert  $2^n$  Zustände und für den Zustandsübergang von einem Zustand auf einen zeitlich nachfolgenden Zustand jeweils eine Maßzahl für die Übergangswahrscheinlichkeit zuordenbar sind, wobei durch Aneinanderreihung von Zustandsübergängen Pfade und aus allen Maßzahlen eines Pfades Gesamtmaßzahlen und aus der kleinsten Gesamtmaßzahl von Null-Pfaden sowie aus der kleinsten Gesamtmaßzahl von Eins-Pfaden der Schätzwert sowie eine Zuverlässigkeitsinformation für diesen Schätzwert gebildet werden.

Derartige Entzerrer werden beispielsweise in Empfängern für das künftige paneuropäische Mobilfunksystem (GSM-System) benötigt. Bei diesem Mobilfunksystem werden Sprachsignale in digitalisierter Form zusammen mit anderen digitalen Signalen in einem Zeit-Vielfach-Zugriffs-Verfahren übertragen. Von einem Sender des Mobilfunksystems werden diese Daten mittels einer geeigneten Modulation ausgesandt. Durch Reflektionen und Mehrwegeausbreitung auf dem Übertragungsweg erreicht das ausgesendete Signal den Empfänger in mehreren überlagerten Signalanteilen mit unterschiedlichen Laufzeiten und Phasenverschiebungen. Das vom Sender gesendete Signal wird hierdurch verzerrt. Diese Verzerrungen bewirken, daß die im empfangenen Signal enthaltenen Binärzeichen durch vorangegangene Binärzeichen beeinflusst werden (Nachbarzeichenstörungen). Um den ursprünglichen Dateninhalt des Signales zurückzugewinnen, ist es erforderlich, das empfangene Signal zu entzerren.

Aus DE-A 39 11 999 ist ein digitales Übertragungssystem mit einem Entzerrer zum Bilden von binären Schätzwerten aus einer Folge von Abtastwerten eines Signals bekannt. Jeder Abtastwert ist einem ausgesendeten Binärzeichen mit dem Binärwert Null oder Eins zeitlich zuordenbar und ist abhängig von diesen Binärzeichen sowie von  $n$  unmittelbar diesem Binärzeichen vorangegangenen Binärzeichen. Die Entzerrung erfolgt dabei mit Hilfe des sogenannten Viterbi-Algorithmus. Dabei werden jedem Abtastwert  $2^n$  Zustände und jeweils für den Übergang von einem Zustand auf einen zeitlich nachfolgenden Zustand eine Maßzahl für die Wahrscheinlichkeit des Zustandsübergangs zugeordnet. Durch Aneinanderreihung von Zustandsübergängen werden Pfade gebildet, wobei aus allen Maßzahlen eines Pfades eine Gesamtmaßzahl gebildet wird. Von allen auf einen Zustand führenden Pfaden wird jeweils nur der mit der kleinsten Gesamtmaßzahl betrachtet. Dabei werden durch einen Zustandsübergang von einem durch die Binärzeichen  $b_{i-1} \dots b_{i-n}$  bestimmten Zustandsübergang zu einem diskreten Zeitpunkt  $i$  mit einem Binärzeichen  $b_{i-n} = 0$  (= Null-Übergang) auf einen nachfolgenden durch die Binärzeichen  $b_i \dots b_{i-n+1}$  bestimmten Zustand zu einem Zeitpunkt  $i+1$  sogenannte Null-Pfade und durch einen Binärwert  $b_{i-n} = 1$  (= Eins-Übergang) sogenannte Eins-Pfade bestimmt. Von den Gesamtmaßzahlen aller möglichen Null-Pfade und von allen möglichen Gesamtmaßzahlen aller Eins-Pfades, wird jeweils die kleinste Gesamtmaßzahl ausgewählt. Der durch die Bitfolge  $b_i \dots b_{i-n} = 0$  bzw.  $b_{i-n} = 1$  definierte Pfad mit der kleinsten Gesamtmaßzahl unter allen  $2^n$  möglichen Null- bzw. Eins-Pfaden kennzeichnet den Null- bzw. Eins-Minimalpfad. Die Binärzahl, d. h. Null oder Eins, die der kleinsten der beiden ausgewählten Gesamtmaßzahlen zugeordnet ist, ergibt den Schätzwert, wobei aus den beiden ausgewählten Gesamtmaßzahlen eine Zuverlässigkeitsinformation für diesen Schätzwert gebildet wird. Die Zuverlässigkeitsinformation wird in einem dem Entzerrer nachgeschalteten Decodierer ausgewertet. Der Realisierungsaufwand des Entzerrers ist in erster Näherung proportional zur Zustandszahl  $2^n$ , d. h. er steigt exponentiell mit der sogenannten Gedächtnistiefe  $n$  des Übertragungskanal.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen Entzerrer der eingangs genannten Art anzugeben, der einen verringerten Realisierungsaufwand aufweist.

Diese Aufgabe wird bei einem Empfänger der eingangs genannten Art dadurch gelöst, daß die Maßzahlen aus  $2^{n'}$  Zuständen gebildet werden, mit  $1 \leq n' < n$ , daß zu jedem diskreten Zeitpunkt ab dem jeweils ersten zeitlich zurückliegenden Binärzeichen für alle  $2^{n'}$  Zustände als Gedächtnispfad in einem Register mindestens  $n$  zeitlich zurückliegende Binärzeichen gespeichert werden, daß die Maßzahlen für einen Zustandsübergang aus den  $n' + 1$  diesem Zustandsübergang kennzeichnenden Binärzeichen und aus den  $n - n'$  Binärzeichen des Gedächtnispfadregisters gebildet werden, daß der Null- bzw. Eins-Minimalpfad und die zugeordneten Gesamtmaßzahlen durch die Bitfolge aller  $2^{n'}$  möglichen Null- bzw. Eins-Pfade gewonnen werden, daß der Binärwert, der der kleinsten der beiden berücksichtigten Gesamtmaßzahlen zugeordnet ist, den Schätzwert für das Binärzeichen  $b_{i-n'}$  ergibt und daß aus den beiden berücksichtigten Gesamtmaßzahlen eine Zuverlässigkeitsinformation für diesen Schätzwert gebildet wird.

Der Entzerrer beruht dabei auf einem reduzierten Zustandsmodell mit  $2^{n'}$  Zuständen, wobei  $1 \leq n' < n$  ist. Dies hat den Vorteil, daß gegenüber einem Entzerrer, der alle  $2^n$  Zustände berücksichtigt, lediglich  $2^{n'}$  Zustände zu jedem Abtastzeitpunkt abzuarbeiten sind. Hierdurch wird in grober Näherung eine Aufwandsreduzierung um den Faktor  $2^{n-n'}$  erzielt.

Bei einer Ausgestaltungsform weist das Gedächtnispfadregister eine Speichertiefe von  $M$  zeitlich zurückliegenden Binärzeichen auf, mit  $M \geq n$  und es wird zum Zeitpunkt  $i$  für das Binärzeichen  $b_{i-n}$  mit  $n' < N \leq M$  ein Schätzwert dem Null-Minimalpfad entnommen, wenn die Gesamtmaßzahl des Null-Minimalpfades kleiner als die Gesamtmaßzahl des Eins-Minimalpfades ist, anderenfalls dem Eins-Minimalpfad, wobei durch Verzögerung der Zuverlässigkeitsinformation um  $N - n'$  Zeiteinheiten eine zeitrichtige Zuordnung des Schätzwertes des Binärzeichen  $b_{i-n}$  zur Zuverlässigkeitsinformation des dem Binärzeichen  $b_{i-n'}$  zugeordneten Schätzwertes erfolgt. Die aus weiter zurückliegenden Speicherpositionen des Gedächtnispfades gewonnenen Schätzwerte weisen eine höhere Zuverlässigkeit gegenüber den aus einem "kürzeren" Gedächtnispfadregister gewonnenen Schätzwerten auf.

Bei einer weiteren Ausgestaltungsform weist das Gedächtnispfadregister eine Speichertiefe von  $M$  zeitlich



zurückliegenden Binärzeichen auf, mit  $M \geq n$ , wobei zum Zeitpunkt  $i$  für das Binärzeichen  $b_{i-N}$  mit  $n' < N \leq M$  eine Zuverlässigkeitsinformation gebildet wird und wobei diese Zuverlässigkeitsinformation durch einen vorgebbaren Ersatzwert ersetzt wird, wenn zum Zeitpunkt  $i$  entweder nur Null- oder Eins-Pfade existieren. Hierdurch wird erreicht, daß der Entzerrer in den Fällen, in denen für das Binärzeichen  $b_{i-N}$  keine exakte Zuverlässigkeitsinformation ableitbar ist, mit einem geeigneten Ersatzwert weiterarbeitet.

Bei einer Ausgestaltungsform wird die Zuverlässigkeitsinformation durch das Verhältnis der den beiden ausgewählten Pfaden entsprechenden Wahrscheinlichkeitswerten gebildet. Durch das Verhältnis dieser beiden Wahrscheinlichkeitswerte wird dann ausgedrückt, um wieviele Male ein Schätzwert wahrscheinlicher als der Komplementärwert zu diesem Schätzwert ist.

Bei einer weiteren Ausgestaltungsform wird als Metrik einer Maßzahl die quadratische Distanz der Wahrscheinlichkeit des Übergangs zwischen zwei Zuständen verwendet und zur Bildung der Gesamtmatrix einer Gesamtmaßzahl die ermittelte Metrik für einen Zustandsübergang zur bisherig ermittelten Gesamtmatrix addiert. Dabei wird die Möglichkeit ausgenutzt, daß anstelle der Maßzahlen sogenannte Metriken verwendet werden können, die sich aus dem negativen Logarithmus der jeweiligen Maßzahl ergeben. Dies hat den Vorteil, daß zur Errechnung einer Verbundwahrscheinlichkeit, bei der die einzelnen Maßzahlen zu multiplizieren sind, nun die Metriken nur noch addiert werden müssen.

Bei einer Ausgestaltungsform wird die Gesamtmatrix der Null-Pfade von der Gesamtmatrix der Eins-Pfade subtrahiert, wobei das Vorzeichen der Differenz den Schätzwert und der Absolutbetrag der Differenz die dem Schätzwert zugeordnete Zuverlässigkeitsinformation ergibt. Ein positives Vorzeichen gibt dabei an, daß Eins als Schätzwert wahrscheinlicher ist als Null.

Bei einer Ausgestaltungsform wird die Zuverlässigkeitsinformation mit einer von einer ermittelten Störleistung abhängigen Größe berichtigt. Mit der so bewerteten Zuverlässigkeitsinformation hat man dann die Möglichkeit, bei der Weiterverarbeitung des Empfangssignals bevorzugt diejenigen Datenelemente des Empfangssignals heranzuziehen, die ein Optimum an Sicherheit gegen fehlerhafte Schätzung bilden.

Bei einer Ausgestaltungsform werden zu übertragende Informationen sendeseitig durch einen Faltungscoder in die Binärzeichen umcodiert, wobei empfangsseitig nach dem Entzerrer als Decoder ein Faltungsdecoder angeordnet ist, welcher bei der Decodierung neben den geschätzten Binärzeichen auch deren zugeordnete Zuverlässigkeitsinformation verarbeitet. Auf diese Weise erhöht sich die Wahrscheinlichkeit, daß bei der Decodierung auch tatsächlich die gesendete Datenfolge zurückerhalten wird, da der Decoder auch die Informationen enthält, welchen einzelnen Binärzeichen er mehr und welchen er weniger "vertrauen" darf.

Im folgenden wird die Erfindung anhand der in den Figuren dargestellten Ausführungsbeispielen näher erläutert.

Es zeigen:

Fig. 1 ein Blockschaltbild eines digitalen Übertragungssystems.

Fig. 2 bis Fig. 4 Zustandsdiagramme für einen Entzerrer.

Fig. 5 ein weiteres Ausführungsbeispiel eines digitalen Übertragungssystems.

In Fig. 1 ist ein Funkübertragungssystem dargestellt, bei dem die zu Übertragende Informationen in Form eines Binärsignals  $b$  über einen Sender 1 abgestrahlt werden. Zwischen dem Sender 1 und einem Empfänger 2 liegt eine durch einen Pfeil gekennzeichnete Funkübertragungsstrecke. Dem Empfänger 2 ist ein Abtasthalteglied 21 sowie ein Analog/Digitalumsetzer 22 nachgeschaltet. Die Signale am Digitalausgang des Analog/Digitalumsetzers 22 werden einem Entzerrer 3 zugeführt. Der Entzerrer 3 besteht aus einem Signalbewerter 32, einer Steuerschaltung 34, einem Transversalfilter 31, einem Speicherbaustein 33 sowie einer Entzerrerlogik 35.

Auf der zwischen dem Sender 1 und dem Empfänger 2 liegenden Funkübertragungsstrecke wird das ausgesendete Signal durch Mehrwegeausbreitung in Folge von Reflektionen und durch Überlagerung von Rauschen und sonstigen störenden Signalen verzerrt, wie dies in Fig. 1 durch die gestrichelt eingezeichneten Pfeile der Funkübertragungsstrecke angegeben ist. Hierdurch wird ein zu einem diskreten Zeitpunkt  $i$  gesendetes Binärzeichen  $b_i$  des Binärsignals  $b$  durch verspätet eintreffende Signalanteile zuvor gesendeter Binärzeichen  $b_{i-1}$ ,  $b_{i-2}$ , ... überlagert. Diese Überlagerung entspricht einer Signalverzerrung. Dadurch ist das zu einem gesendeten Binärzeichen empfangene Signal nicht mehr eindeutig einem niedrigen oder hohen Pegel zuordenbar. Das vom Empfänger 2 empfangene Signal weist durch diese Überlagerungen einen analogen Signalverlauf auf, der ohne Entzerrung dem ursprünglich gesendeten Binärwert nicht zuordenbar ist. Das vom Empfänger 2 empfangene Signal zunächst mittels des Abtasthaltegliedes 21 zu äquidistanten Zeitpunkten abgetastet. Die so erhaltenen analogen Abtastwerte werden zur weiteren Verarbeitung durch den Analog/Digitalumsetzer 22 in digitale Abtastwerte  $z$  umgesetzt.

Der Einfluß bereits gesendeter Binärzeichen ist abhängig von der Laufzeitverzögerung der am Empfänger verzögert eintreffenden Signalanteile. Dabei ist nach einer gewissen Zeit, die von der Charakteristik des Übertragungskanal abhängt, der Einfluß nicht mehr wesentlich und braucht daher bei einer Entzerrung nicht mehr berücksichtigt zu werden. In der Regel wird die Laufzeitverzögerung als Anzahl in der in dieser Zeitspanne ausgesendeten Binärzeichen angegeben. Damit gilt für den Entzerrer, daß jeder einem zu einem Zeitpunkt  $i$  gesendeten Binärzeichen  $b_i$  zuordenbare Abtastwert  $z_i$  von dem ihm zuordenbaren Binärzeichen  $b_i$  und von  $n$  unmittelbar diesem Binärzeichen vorangegangenen Binärzeichen  $b_{i-1}$ ,  $b_{i-2}$ , ...,  $b_{i-n}$  abhängig ist.

Der Entzerrung des Signals  $z$  vom Ausgang des Analog/Digitalwandlers 22 liegt ein Kanalmodell zugrunde, das den dispersiven Übertragungskanal des Funkübertragungssystems näherungsweise durch ein lineares endliches Transversalfilter beschreibt. Bei einem derartigen Kanalmodell werden die Übertragungseigenschaften des Übertragungskanal durch Filterkoeffizienten  $h_0$ ... $h_n$  nachgebildet. Auf der Empfangsseite wird daher versucht, genau mit diesem Kanalmodell die auf dem Übertragungsweg auftretenden Verzerrungen durch die gedächtnisbehafteten Linearkombinationen mittels des Transversalfilters 31 nachzubilden. Die Nachbildung des Übertragungsweges wird durch entsprechende Einstellung der Filterkoeffizienten  $h_0$ ... $h_3$  für  $n = 3$  erreicht. Die Filterko-

effizienten  $h_0, \dots, h_3$  sind hierbei aus den Abtastwerten einer geschätzten Impulsantwort des Übertragungskanals ableitbar. Hierzu kann beispielsweise eine sogenannte Trainingssequenz verwendet werden, die aus einer sowohl dem Sender 1 als auch dem Empfänger 2 bekannten Binärzeichenfolge besteht. Sei jedem Empfang der Trainingssequenz werden die Filterkoeffizienten  $h_0, \dots, h_3$  so eingestellt, daß nach Durchlaufen des Transversalfilters 31 der Übertragungskanal mit dem geringsten Fehler nachgebildet wird. Bei dem in Fig. 1 dargestellten Ausführungsbeispiel ist die Schaltungsanordnung zur Bildung der Filterkoeffizienten aus Gründen der Übersichtlichkeit nicht dargestellt. Der in Fig. 1 dargestellte Entzerrer 3 beruht auf dem sogenannten Viterbi-Verfahren, wie dies beispielsweise in der europäischen Patentanmeldung EP 02 94 116 A2 beschrieben ist. Das Viterbi-Verfahren als solches ist beispielsweise in dem Aufsatz "The Viterbi Algorithm", G. David Forney jr., Proceedings of the IEEE, Vol. 61, No. 3, March 1973, beschrieben. Dabei wird für eine sogenannte Soft-Decision-Decodierung für die zu decodierenden Datenelemente einer codierten Datenfolge eine Zuverlässigkeitsinformation für die zu decodierende Datenfolge benötigt. Die Zuverlässigkeitsinformation ist eine Maßzahl, die angibt, mit welcher Wahrscheinlichkeit die zu decodierenden Datenelemente den gesendeten Datenelementen entsprechen. Zur Darstellung des Viterbi-Verfahrens wird in der Regel ein Zustandsdiagramm verwendet, wie dies in den Fig. 2 bis 4 dargestellt ist. Anstelle der Maßzahlen können auch sogenannte Metriken verwendet werden, wobei sich die Metrik aus dem negativen Logarithmus der jeweiligen Maßzahl berechnet. Dies hat unter anderem den Vorteil, daß zur Errechnung einer Verbundwahrscheinlichkeit, bei der die einzelnen Maßzahlen zu multiplizieren sind, die Metriken lediglich noch addiert werden müssen.

Zur Berechnung der Übergangswahrscheinlichkeit von einem Zustand zu einem zeitlich nachfolgenden Zustand werden die einzelnen Binärwerte der Binärzeichen  $b_{i-1}, \dots, b_{i-n}$  eines Zustands als Eingangsparameter des Transversalfilters 31 verwendet. Der Ausgangswert des Transversalfilters 31 ergibt in erster Näherung unter Vernachlässigung von Störungen durch ein im Eingangssignal enthaltendes Stör- oder Rauschsignal etc. den Wert, den der Abtastwert annehmen müßte, wenn die als Eingangsparameter verwendete Binärzeichenfolge  $b_{i-1}, \dots, b_{i-n}$  über den Funkübertragungsweg gesendet und empfangen wird. Durch Vergleich des Ausgangswertes des Transversalfilters 31 mit dem tatsächlichen Abtastwert kann daher die am wahrscheinlichsten gesendete Binärzeichenfolge gefunden werden.

Allerdings bietet eine große Übergangswahrscheinlichkeit von einem Zustand zu einem zeitlich folgenden Zustand noch keine ausreichende Gewähr für die Richtigkeit dieses Übergangs, da durch kurzzeitige Störungen oder Signalrauschen zufälligerweise ein tatsächlich nicht erfolgter Zustandsübergang als wahrscheinlichster Übergang erscheint. Korrektere Schätzungen der Zustandsübergänge werden durch eine Berücksichtigung des gesamten bisherigen Signalverlaufs in Form einer Wahrscheinlichkeitsbetrachtung aller Zustandsübergänge, die zu einem der  $2^n$  Zustände des betrachteten Zeitpunktes führen, erzielt. Der Realisierungsaufwand eines derartigen Entzerrers ist jedoch annähernd proportional zur Zustandsanzahl  $2^n$ , d. h. er steigt exponentiell mit der Gedächtnistiefe  $n$  des Übertragungskanals. Aus diesem Grunde beruht der in Fig. 1 dargestellte Entzerrer 3 auf einem Zustandsmodell mit  $2^{n'}$  Zuständen, mit  $1 \leq n' \leq n$ . Bei dem in Fig. 1 dargestellten Ausführungsbeispiel ist  $n=3$  und  $n'=2$ . Hierdurch ergibt sich eine Reduzierung der Zustandsanzahl  $2^{n'}=4$  gegenüber dem Entzerrer mit vollständiger Zustandsanzahl  $2^n=8$ . Dabei besteht der Unterschied zum Entzerrer mit voller Zustandszahl  $2^n$  darin, daß beim Entzerrer mit reduzierter Zustandsanzahl  $2^{n'}$  nur noch die  $n'$  Binärzeichen  $b_{i-1}, \dots, b_{i-n'}$  direkt durch einen Zustandsübergang  $S_i, S_i' + 1$  bestimmt sind. Die restlichen  $n-n'$  Binärzeichen  $b_{i-n-1}, \dots, b_{i-n}$  gehen aus einem zum jeweiligen Zustand  $S_i'$  führenden Gedächtnispfad hervor, der in einem Gedächtnispfadregister 334 des Speicherbausteins 33 gespeichert wird. Im Gegensatz zum Soft-Decision-Entzerrer mit voller Zustandsanzahl muß daher beim Soft-Decision-Entzerrer mit reduzierter Zustandsanzahl das Gedächtnispfadregister 334 geführt werden. In diesem werden zu jedem Zeitpunkt  $i$  ab dem Binärzeichen  $b_{i-1}$  für alle  $2^{n'}$ -Zustände  $S_i'$  mindestens  $n$  zeitlich zurückliegende Binärzeichen  $b_{i-1}, \dots, b_{i-n'}$ ,  $b_{i-n'-1}, \dots, b_{i-n}$  gespeichert. Die Binärzeichen  $b_{i-1}, \dots, b_{i-n'}$  müssen im Gedächtnispfadregister 334 nicht unbedingt gespeichert werden, da sie mit den Zustandsbits des jeweiligen Zustands  $S_i'$  identisch sind.

Im Ausführungsbeispiel der Fig. 1 wird zur Bildung der Metrik ein Ausgangswert  $z_i$  des Transversalfilters 31 vom digitalen Abtastwert  $z_i$  in einem Signalbewerter 32 subtrahiert und betragsmäßig quadriert. Auf diese Weise wird eine quadratische Distanz gebildet. Dabei ist die Wahrscheinlichkeit, daß der empfangene Abtastwert aus der als Eingangsparameter verwendeten Binärzeichenfolge hervorgegangen ist, um so größer, je kleiner diese quadratische Distanz ist. Wegen der Linearkombination der jeweils  $n$  letzten Binärzeichen kann aber immer erst nach Empfang aller  $n$  Binärzeichen ein optimaler Schätzwert gebildet werden.

Der dem Abtastwert  $z_i$  zugeordnete Schätzwert  $\hat{b}_i$  ist zeitlich den Zustandsübergängen von einem Zustand  $S_i$  auf die Zustände  $S_{i+1}'$  des Zeitpunktes  $i+1$  zugeordnet.

Zur Durchführung des Verfahrens sind in dem in Fig. 1 dargestellten Ausführungsbeispiel im Speicherbaustein 33 Metrikregister 331, 332, 333 sowie das Gedächtnispfadregister 334 vorgesehen. Jedes Register hat  $2^{n'}$  Speicherplätze, wobei die drei Bits  $a_1, \dots, a_3$  zur Adressierung der Spalten dienen, wie dies im folgenden beschrieben ist. Den einzelnen Speicherplätzen der Register ist dabei jeweils eine Adresse  $a_1, \dots, a_3$  zugeordnet. Dabei ist im ersten Registerpfad 331 die einem Zustand zugeordnete Gesamtmetrik gespeichert. Im zweiten Metrikregister 332 wird unter der jeweiligen Adresse  $a_1, \dots, a_3$  eine neue Gesamtmetrik gespeichert, die sich durch einen Null-Übergang ergeben hat, d. h. sogenannte Null-Pfade, während im dritten Pfadregister 333 eine erhaltene Gesamtmetrik gespeichert wird, die sich durch einen Eins-Übergang ergeben hat, d. h. sogenannte Eins-Pfade gespeichert. Dabei werden durch einen Zustandsübergang von einem durch die Binärzeichen  $b_{i-1}, \dots, b_{i-n}$  bestimmten Zustand  $S_i'$  zu einem Zeitpunkt  $i$  mit einem Binärzeichen  $b_{i-n} = 0$  (= Null-Übergang) auf einen zeitlich nachfolgend durch die Binärzeichen  $b_{i-1}, \dots, b_{i-n'+1}$  bestimmten Zustand  $S_{i+1}'$  zu einem Zeitpunkt  $i+1$  sogenannte Null-Pfade und entsprechend mit einem Binärzeichen  $b_{i-n} = 1$  (= Eins-Übergang) sogenannte Eins-Pfade bestimmt. Im Gedächtnispfadregister 334 werden darüberhinaus mindestens  $n$  zeitlich zurückliegende Binärzeichen für alle  $2^{n'}$ , d. h. bei dem in Fig. 1 dargestellten Ausführungsbeispiel für vier Zustände gespeichert. Die

Steuerschaltung 34 gibt bei der Ansteuerung eines Speicherplatzes dessen Adresse  $a1..a3$  gleichzeitig als Eingangsparameter dem Transversalfilter 31 vor. Der erste Eingangsparameter wird an der Steuerschaltung für jede gebildete Adresse einmal als erste Binärzahl, z. B. 0 vorgegeben. Aus dem auf diese Weise erhaltenen Wert 2 des Transversalfilters 31 und dem Abtastwert  $z$  wird in der Bewertungsschaltung 32 die quadratische Distanz  $(2-z)^2$  gebildet. Aus dieser quadratischen Distanz und der im ersten Metrikregister 331 unter der jeweiligen Adresse gespeicherten Gesamtmetriken wird eine neue Gesamtmetriken gebildet, die im zweiten Metrikregister 332 unter der jeweils eingestellten Adresse gespeichert wird. Auf gleiche Weise wird mit dem ersten Eingangsparameter die zweite Binärzahl, z. B. 1 vorgegeben und es wird die auf diese Weise erhaltene Gesamtmetriken im dritten Pfadregister 333 gespeichert. Nachdem die Steuerschaltung 34 alle Adreßkombinationen durchlaufen hat alle Inhalte des zweiten und dritten Pfadregisters 332, 333 neu berechnet sind, wird aus allen neuen Gesamtmetriken des zweiten und dritten Pfadregister 332, 333 jeweils der kleinste Wert ausgewählt. Diese beiden Werte werden subtrahiert. Aus dem Vorzeichen der Differenz ergibt sich schließlich der Schätzwert und aus dem Absolutbetrag der Differenz die gewünschte Zuverlässigkeitsinformation für das Binärzeichen  $b_{i-n'}$ . Nachdem der Schätzwert ermittelt ist, erfolgt nun ein Up-date, das heißt die Umspeicherung der ersten bis dritten Pfadregister 331...333 sowie der im Gedächtnispfadregister 334 gespeicherten Metriken. Dabei übernimmt die Entzerrerlogik 35 die gesamte Ablaufsteuerung, die Bildung der Gesamt-Metriken sowie die Durchführung des Viterbi-Algorithmus. Dies erfolgt in einer Weise, wie dies beispielsweise aus der DE-A 39 11 999 bekannt ist. Anschließend wird bis zum Eingang eines neuen Abtastwertes gewartet, und auf die bereits beschriebene Weise der zugehörige neue Schätzwert und die zugehörige Zuverlässigkeitsinformation gebildet.

Somit werden bei dem in Fig. 1 dargestellten Ausführungsbeispiel folgende Schritte durchgeführt:

1. Hole  $L_i(b_{i-1}, \dots, b_{i-n'}) = L_i(S_i')$  aus Register 331
2. Hole  $(b_{i-n'} - 1, \dots, b_{i-n'})$  aus Register 334 für den Pfad  $(b_{i-1}, \dots, b_{i-n'})$
3.  $L_{i+1}(S_i', S_{i+1}') = L_{i+1}(b_i, b_{i-1}, \dots, b_{i-n'}) = L_i(S_i') + |z_i - z_i|^2$ , wobei

$$z_i = \sum_{v=0}^n y_{i,v} \times h_v \text{ mit } y_{i,v} \in (+1, -1)$$

4. Wenn  $b_{i-n'} = 0$ , speichere  $L_{i+1}(S_i', S_{i+1}')$  in Register 332 unter Adresse  $(b_i, b_{i-1}, \dots, b_{i-n'} + 1)$
5. Wenn  $b_{i-n'} = 1$ , speichere  $L_{i+1}(S_i', S_{i+1}')$  in Register 333 unter Adresse  $(b_i, b_{i-1}, \dots, b_{i-n'} + 1)$
6. Suche Minimum der Null-Pfade  $L_{i+1}$  aus Register 332
7. Suche Minimum der Eins-Metriken  $L_{i+1}$  aus Register 333
8. Bestimme  $P(b_{i-n'})$  und  $b_{i-n'}$  aus Minima (6. und 7.)
9. Up-date Register 331 und 334.

Dabei sind durch  $L$  die Gesamtmetriken der jeweiligen Zustandsübergänge gekennzeichneten Pfade bezeichnet.

Das in Fig. 2 dargestellte Zustandsdiagramm ist ein Graph mit in vertikaler Richtung aufgetragenen Reihen von jeweils  $2^n$  Knoten. Jeder Knoten repräsentiert eine der Kombinationen, die sich aus  $n$  Binärzeichen ergeben. Jede vertikale Reihe ist einem bestimmten Abtastzeitpunkt  $i-3, i-2, i-1, i, i+1$  zugeordnet. Die einzelnen, einem Knoten zuordenbaren Binärwerte  $000 \dots 111$  werden als Zustand bezeichnet. Dabei entspricht ein Zustand jeweils einer möglichen Zuordnung der zu einem Zeitpunkt  $i$  empfangenen  $n$  letzten digitalen Abtastwerte zu einer möglicherweise gesendeten Binärwertfolge. Beim Empfang eines neuen Abtastwertes kann diesem sowohl die Binärzahl 0 oder die Binärzahl 1 zugeordnet werden. Aus einer Binärwertfolge 010 wird durch die Zuordnung des neuesten Abtastwertes zu dem Binärwert 0 die Folge 0010. Da durch den Empfang eines neuen Abtastwertes der jeweils älteste Abtastwert ohne Einfluß auf die Entzerrung wird, wird dieser letzte Binärwert weggelassen. In dem in Fig. 2 dargestellten Zustandsdiagramm sind alle möglichen Übergänge durch Pfeile gekennzeichnet. So kennzeichnet der Knoten  $x$  einen Zustand der Binärfolge 010 zum Zeitpunkt  $i$ . Durch eine 0 gelangt man auf den Knoten  $y$ , dem zum Zeitpunkt  $i+1$  der Zustand  $S_{i+1} = 001$  zugeordnet ist, durch einen Eins-Übergang gelangt man auf den Knoten  $z$ , dem zum Zeitpunkt  $i+1$  der Zustand  $S_i = 101$  zugeordnet ist. Durch eine Aneinanderreihung von zusammenhängenden Übergängen erhält man einen Pfad. Dieser Pfad ist gleichbedeutend mit der rekonstruierten Binärfolge  $b_{i-n} \dots b_{i-n}$ . Durch das in Fig. 2 dargestellte Zustandsdiagramm das auf dem aus DE-A 39 11 999 bekannten Zustandsmodell beruht, wird deutlich, daß der Realisierungsaufwand für einen auf einer Zustandsanzahl  $2^n$  basierenden Entzerrung hoch ist.

Fig. 3 zeigt ein Zustandsdiagramm für den in Fig. 1 dargestellten Entzerrer, der auf einem Zustandsmodell mit lediglich  $2^n$ , für das in Fig. 1 dargestellte Ausführungsbeispiel  $2^n = 4$  Zuständen basiert. Wird das in Fig. 2 dargestellte Zustandsdiagramm dem in Fig. 3 angegebenen Zustandsdiagramm gegenübergestellt, so wird die Einsparung an Realisierungsaufwand gegenüber einem Zustandsmodell mit  $2^n$  Zuständen deutlich. Dabei sind in dem in Fig. 3 dargestellten Zustandsdiagramm (Zustandstrellis) alle möglichen Pfade gekennzeichnet. Allgemein werden durch einen Zustandsübergang von einem durch die Binärzeichen  $b_{i-1} \dots b_{i-n'}$  bestimmten Zustand  $S_i'$  zu einem Zeitpunkt  $i$  mit einem Binärzeichen  $b_{i-n'} = 0$  (= Nullübergang) auf einen zeitlich nachfolgenden durch die Binärzeichen  $b_{i-n} \dots b_{i-n'+1}$  bestimmten Zustand  $S_{i+1}$  zu einem Zeitpunkt  $i+1$  sogenannte Null-Pfade und entsprechend mit einem Binärzeichen  $b_{i-n'} = 1$  (= Eins-Übergang) sogenannte Eins-Pfade bestimmt. Bei dem in Fig. 3 dargestellten Zustandstrellis wurde entsprechend den in der Beschreibung zur Fig. 1 bereits verwendeten Beispielen  $n' = 2$  verwendet. Somit wird bei dem in Fig. 3 dargestellten Zustandstrellis durch die Binärzeichen  $b_{i-1}, b_{i-2}$  der Zustandsübergang  $S_i', S_{i+1}'$  gekennzeichnet. Das den Zustand  $S_{i-1}'$  kennzeichnende Binärzeichen  $b_{i-3}$

kann zum Zeitpunkt  $i$  an der Position  $i-3$  aus dem Gedächtnispfadregister geholt werden.

In Fig. 4 ist ein Zustandsdiagramm dargestellt, bei dem nur noch alle Pfade eingezeichnet sind, bei denen alle Übergänge vom Zeitpunkt  $i-2$  auf den Zeitpunkt  $i-1$  Null-Übergänge waren, d. h. bei denen den Binärzeichen  $b_{i-2}$  jeweils die Binärzahl 0 zugeordnet war. Dies entspricht den Null-Pfaden für einen Zustandsübergang  $S_i', S_{i+1}'$ . Für die Werte des Ausführungsbeispiels  $n = 3, n' = 2$  werden dann die Maßzahlen aus  $2^{n'} = 4$  Zuständen 11, 10, 01, 00 gewonnen. Dabei sind nur die  $n' + 1 = 3$  Binärzeichen  $b_i, b_{i-1}, b_{i-2}$  direkt durch den Zustandsübergang  $S_i', S_{i+1}'$  bestimmt, während das restliche  $n - n' = 1$  Binärzeichen  $b_{i-3}$  aus dem zum Zustand  $S_i'$  führenden Gedächtnispfad hervorgeht. Aus diesem Grund muß im Gegensatz zum sogenannten Soft-Decision-Entzerrer mit voller Zustandsanzahl explizit ein Gedächtnispfadregister geführt werden, das zu jedem Zustand  $i$  für alle  $2^{n'}$  Zustände den Gedächtnispfad  $b_{i-1}, \dots, b_{i-n'}, b_{i-n'-1}, \dots, b_{i-n}$  in einer Länge von mindestens  $n$  Binärzeichen gerechnet ab dem Binärzeichen  $b_{i-1}$  speichert. Dabei dürfen die Binärzeichen  $b_{i-1}, \dots, b_{i-n}$  auch weggelassen werden, da sie ja mit den Binärzeichen des jeweiligen Zustands  $S_i'$  identisch sind.

In Fig. 5 ist ein Zustandstrellis dargestellt, bei dem nur noch alle Eins-Pfade für einen Zustandsübergang  $S_i', S_{i+1}'$  eingezeichnet sind. Dabei ist dem Binärzeichen  $b_{i-2}$  jeweils die Binärzahl 1 zugeordnet. Zur Bildung des Schätzwertes und der Zuverlässigkeitsinformation wird aus allen Gesamtmetriken der Zustände, die sich durch einen Null-Übergang und aus allen Gesamtmetriken, die sich aus einem Eins-Übergang ergeben haben, jeweils die kleinste Gesamtmetriken ermittelt. D. h. es wird aus den Zustandsdiagrammen der Fig. 4 und der Fig. 5 jeweils der Pfad mit der kleinsten Gesamtmetriken ausgewählt. Diese Pfade bilden dann den Null- bzw. Eins-Minimalpfad. Jede der beiden ausgewählten Minimal-Gesamtmetriken gibt für sich die Wahrscheinlichkeit wieder, mit der der jeweils ausgewählte Pfad im günstigen Fall dem Schätzwert  $b_{i-n'} = 0$  bzw. dem Schätzwert  $b_{i-n'} = 1$  zugeordnet werden kann. Diese Wahrscheinlichkeitswerte lassen sich aus den Gesamtmetriken berechnen. Im letzten Schritt werden die beiden für jeden Zustand  $S_{i+1}$  vorliegenden Gesamtmaßzahlen miteinander verglichen und die jeweils kleinere Gesamtmaßzahl als neue Gesamtmaßzahl dem jeweiligen Zustand  $S_{i+1}$  zugeordnet. Durch inverse Metriken ist es auch möglich, anstelle von Minima auch Maxima zu bilden.

In Fig. 6 ist ein weiteres Ausführungsbeispiel eines digitalen Übertragungssystems dargestellt. Dabei wird eine zu übertragende Information  $x$  zunächst einem Faltungscodierer 5 zugeführt. Der Faltungscodierer 5 liefert ein Binärsignal  $b$ , welches mittels eines Senders 1 über einen dispersiven Übertragungskanal übertragen wird. Auf der Empfängerseite ist ein Empfänger 2 angeordnet, der ein Abtastsignal  $z$  liefert. Dieses Abtastsignal  $z$  wird einem Entzerrer 3 zugeführt. Der Entzerrer liefert Schätzwerte  $\hat{b}$  sowie eine zugehörige Zuverlässigkeitsinformation  $P(\hat{b})$ . Die Schätzwerte sowie die Zuverlässigkeitsinformation werden einem Decodierer 6 zugeführt, der hieraus eine Folge  $\hat{x}$  decodiert. Dabei wird zur Decodierung ein nach dem Viterbi-Verfahren arbeitender Decodierer verwendet.

Bei der Viterbi-Decodierung wird die empfangene codierte Signalfolge jeweils mit allen gültigen Code-Folgen, die der Coder 5 erzeugt haben könnte, verglichen. Dabei wird für den Viterbi-Decoder die Anzahl der Bits, in denen die entzerrte Datenfolge sich von den einzelnen Codeelementen des Codevorrats unterscheidet, verwendet. Durch Multiplizieren einer auf diese Weise erhaltenen Metrik mit der Zuverlässigkeitsinformation erhält man eine Bewertung einer zu decodierenden Datenfolge. Auf diese Weise erhöht sich die Wahrscheinlichkeit, daß bei der Decodierung auch tatsächlich die gesendete Datenfolge zurückerhalten wird. Der Decodierer 6 verwendet dabei nicht nur die Signalredundanz zur Decodierung, sondern auch Informationen, welchen einzelnen Binärzeichen der zu decodierenden Datenfolge er mehr oder weniger "vertrauen" darf.

#### Patentsprüche

1. Entzerrer für ein digitales Übertragungssystem, bei dem aus einer Folge von Abtastwerten eines empfangenen Signales binäre Schätzwerte gebildet werden, bei dem jeder einem zu einem Zeitpunkt gesendeten Binärzeichen zuordenbare Abtastwert von dem ihm zuordenbaren Binärzeichen und von  $n$  unmittelbar diesem Binärzeichen vorangegangenen Binärzeichen abhängig ist, bei dem jedem Abtastwert  $2^{n'}$  Zustände und für den Zustandsübergang von einem Zustand auf einen zeitlich nachfolgenden Zustand jeweils eine Maßzahl für die Übergangs-Wahrscheinlichkeit zuordenbar sind, wobei durch Aneinanderreihung von Zustandsübergängen Pfade und aus Maßzahlen eines Pfades Gesamtmaßzahlen gebildet werden aus der kleinsten Gesamtmaßzahl von Nullpfaden sowie aus der kleinsten Gesamtmaßzahl von Einspfaden der Schätzwert sowie eine Zuverlässigkeitsinformation für diesen Schätzwert gebildet werden, dadurch gekennzeichnet,

daß die Maßzahlen aus  $2^{n'}$  Zuständen ( $S_i'$ ) gebildet werden, mit  $1 \leq n' < n$ , daß zu jedem diskreten Zeitpunkt ( $i$ ) ab dem jeweils ersten zeitlich zurückliegenden Binärzeichen ( $b_{i-1}$ ) für alle  $2^{n'}$  Zustände ( $S_i'$ ) als Gedächtnispfad in einem Register (334) mindestens  $n$  zeitlich zurückliegende Binärzeichen ( $b_{i-n}, \dots, b_{i-n'}, b_{i-n'-1}, \dots, b_{i-n}$ ) gespeichert werden, daß die Maßzahlen für einen Zustandsübergang ( $S_i', S_{i+1}'$ ) aus den  $n' + 1$  diesen Zustandsübergang kennzeichnenden Binärzeichen ( $b_i, \dots, b_{i-n'}$ ) und aus den  $n - n'$  Binärzeichen ( $b_{i-n'-1}, \dots, b_{i-n}$  des Gedächtnispfadregisters (334) gebildet werden, daß ein Null- bzw. Eins-Minimalpfad und die zugeordneten Gesamtmaßzahlen durch die Bitfolge ( $b_i, b_{i-1}, \dots, b_{i-n'+1}, b_{i-n'}$ ) aller  $2^{n'}$  möglichen Null- bzw. Eins-Pfade gewonnen werden, daß der Binärwert, der der kleinsten der beiden berücksichtigten Gesamtmaßzahlen zugeordnet ist, den Schätzwert ( $\hat{b}_{i-n'}$ ) für das Binärzeichen  $b_{i-n'}$  ergibt und daß aus den beiden berücksichtigten Gesamtmaßzahlen eine Zuverlässigkeitsinformation ( $P(\hat{b}_{i-n'})$ ) für diesen Schätzwert ( $\hat{b}_{i-n'}$ ) gebildet wird.

2. Entzerrer nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Gedächtnispfadregister (334) eine Speichertiefe von  $M$  zeitlich zurückliegenden Binärzeichen aufweist, mit  $M \geq n$ , daß dem Gedächtnispfadregister (334) zum Zeitpunkt  $i$  für das Binärzeichen  $b_{i-N}$  mit  $n' < N \leq M$  ein Schätzwert ( $\hat{b}_{i-N}$ ) dem Null-Minimalpfad entnommen wird, wenn die Gesamtmaßzahl des Null-Minimalpfades kleiner als die Gesamtmaß-

zahl des Eins-Minimalpfades ist, anderenfalls dem Eins-Minimalpfad, wobei durch Verzögerung der Zuverlässigkeitsinformation um  $N-n'$  Zeiteinheiten eine zeitrichtige Zuordnung des Schätzwertes ( $b_{i-N}$ ) zur Zuverlässigkeitsinformation des dem Binärzeichen  $b_{i-n}$  zugeordneten Schätzwertes erfolgt.

3. Entzerrer nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß das Gedächtnispfadregister eine Speichertiefe von  $M$  zeitlich zurückliegende Binärzeichen aufweist, mit  $M \geq n$ , daß zum Zeitpunkt  $i$  für ein Binärzeichen ( $b_{i-N}$ ), mit  $n' < N \leq M$  eine Zuverlässigkeitsinformation ( $P(b_{i-N})$ ) gebildet wird und die Zuverlässigkeitsinformation ( $P(b_{i-N})$ ) durch einen vorgebbaren Ersatzwert ersetzt wird, wenn zum Zeitpunkt  $i$  entweder nur Nullpfade mit  $b_{i-N} = 0$  oder nur Eins-Pfade mit  $b_{i-N} = 1$  existieren.

4. Entzerrer nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Zuverlässigkeitsinformation durch das Verhältnis der den beiden ausgewählten Pfaden entsprechenden Wahrscheinlichkeitswerten gebildet wird.

5. Entzerrer nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß als Metrik einer Maßzahl die quadratische Distanz der Wahrscheinlichkeit des Überganges zwischen zwei Zuständen verwendet wird und zur Bildung der Gesamtmatrik einer Gesamtmaßzahl die ermittelte Metrik für einen Zustandsübergang zur bisherig ermittelten Gesamtmatrik addiert wird.

6. Entzerrer nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Gesamtmaßzahl des Null-Minimal-Pfades von der Gesamtmatrik des Eins-Minimal-Pfades, subtrahiert wird und daß das Vorzeichen der Differenz den Schätzwert und der Absolutbetrag der Differenz die dem Schätzwert zugeordnete Zuverlässigkeitsinformation ergibt.

7. Entzerrer nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Zuverlässigkeitsinformation mit einer von einer ermittelten Störleistung abhängigen Größe berichtigt wird.

8. Digitales Übertragungssystem mit einem Entzerrer nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß zu übertragende Informationen ( $x$ ) sendeseitig durch einen Faltungscoder (5) in die Binärzeichen ( $b$ ) umcodiert werden und empfangsseitig nach dem Entzerrer (3) ein als Faltungsdecoder arbeitender Decodierer (6) angeordnet ist, welcher bei der Decodierung neben den geschätzten Binärzeichen ( $\hat{b}$ ) auch deren zugeordnete Zuverlässigkeitsinformation ( $P(\hat{b})$ ) verarbeitet.

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen



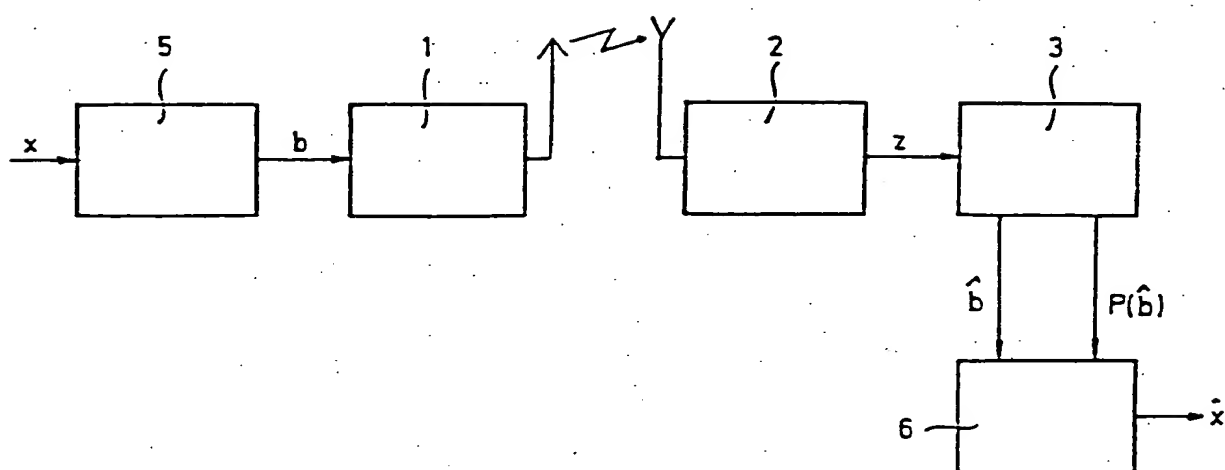


Fig. 6

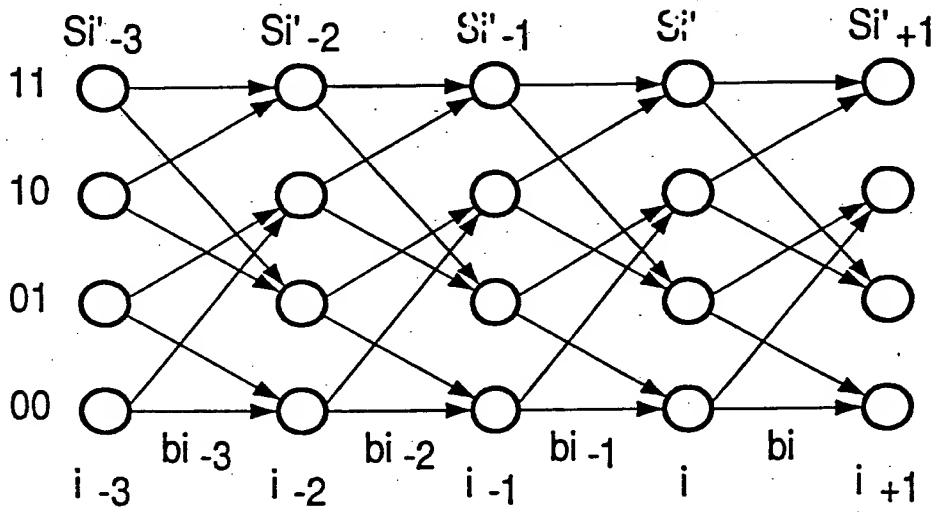


Fig. 3

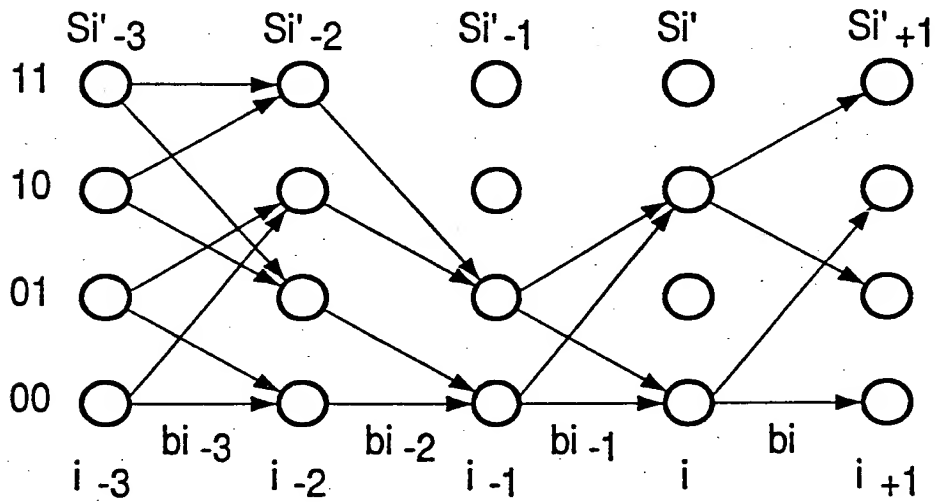


Fig. 4

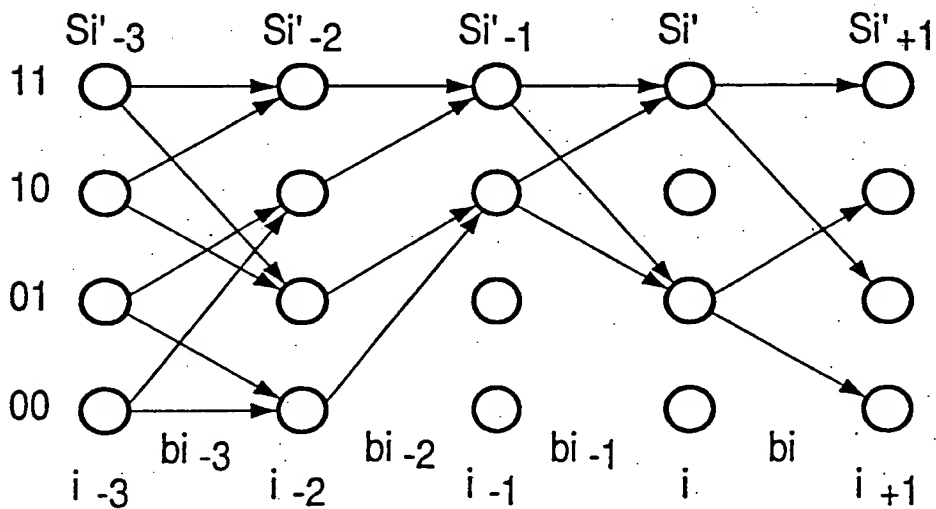


Fig. 5



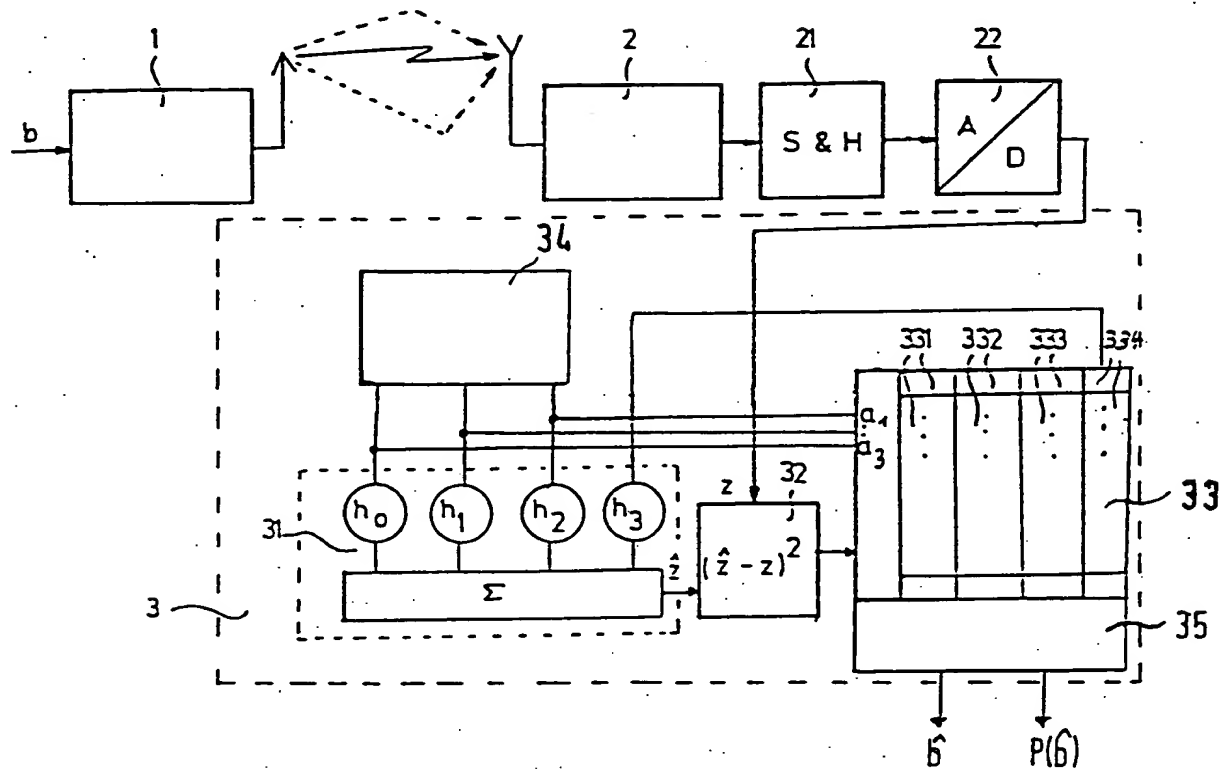


Fig. 1

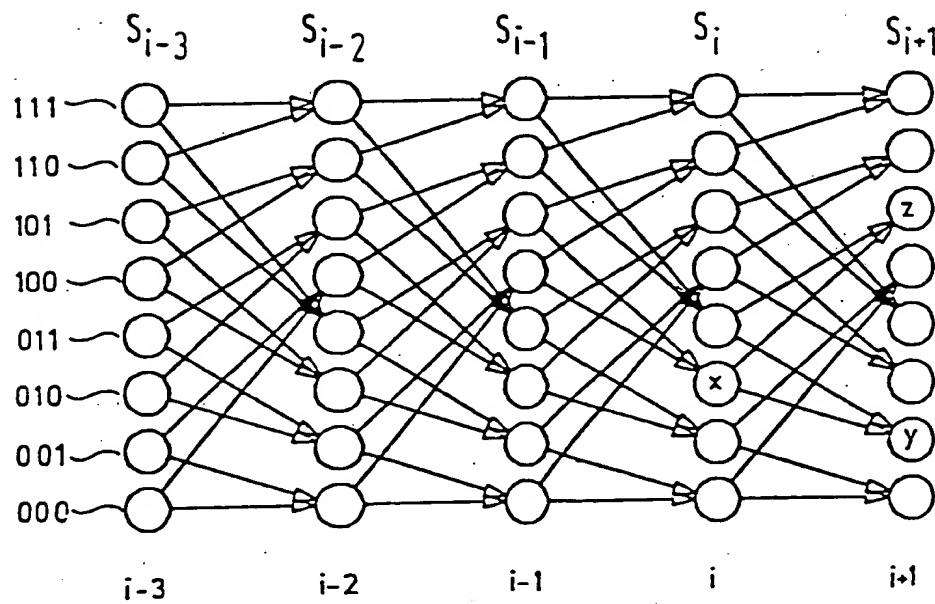


Fig. 2

**This Page Blank (uspto)**